

ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ : ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ – ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ – ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ

Α. Αναστασιάδης
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός
Τασκου Παπαγεωργίου 10, 54631, Θεσσαλονίκη, email: anastasiadis@hol.gr

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο καταστρεπτικός σεισμός της 7^{ης} Σεπτεμβρίου του 1999 στην Αθήνα επισήμανε, για μια ακόμη φορά, την σπουδαιότητα της <<ξεχασμένης>> αντισεισμικής προστασίας των κατασκευών σε μια χώρα με εντονότατη σεισμική δράση. Και βέβαια είναι ξεχασμένη, διότι αρκεί κανείς να αναλογιστεί ότι από το πρώτο χτύπημα του Εγκέλαδου στην σύγχρονη Ελλάδα το '78 στην Θεσσαλονίκη υπήρξαν τουλάχιστον άλλοι 5 καταστρεπτικοί σεισμοί χωρίς, ωστόσο, να αλλάξει κάτι ριζικά σε όλα τα επίπεδα της κατασκευής.

Αντισεισμική προστασία δεν σημαίνει μόνο αντισεισμικός κανονισμός. Για την διασφάλιση του αντισεισμικού κανονισμού είναι αναγκαία η θέσπιση κανονισμού, προδιαγραφών, ειδικών διατάξεων που θα δημιουργούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την καλύτερη εκτίμηση των σεισμικών δράσεων και των εδαφολογικών συνθηκών θεμελίωσης, του ελέγχου ποιότητα των υλικών, την σωστή εκτέλεση της προβλεπόμενης μελέτης καθώς και τις διαδικασίες κατασκευής και επίβλεψης. Παράλληλα η θεσμοθέτηση μέτρων για την συντήρηση των κτιρίων καθώς και για την προσεισμική επισκευή/ένισχυση θα συνεισφέρει τα μέγιστα στην αντισεισμική θωράκιση των κατασκευών.

Στο παρόν άρθρο επιχειρείται ο σχολιασμός του σημερινού πλαισίου κανονισμών όπως αυτοί διέπουν τα ιδιωτικά έργα ενώ παράλληλα γίνονται κάποιες επισημάνσεις σε θέματα που είναι δυνατό να διασφαλίσουν την αντισεισμική συμπεριφορά των κτιρίων.

2. ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Από τη φύση του το σεισμικό φαινόμενο εμφανίζει τυχηματικό χαρακτήρα, σπανιότατα επαναλαμβάνεται με τα ίδια χαρακτηριστικά (ένταση, διεύθυνση, επιτάχυνση, περιεχόμενο συχνοτήτων, κ.τ.λ.), με αποτέλεσμα οι σεισμικές δράσεις για τον σχεδιασμό του φορέα, σε κάθε περίπτωση, να είναι άγνωστες. Παράλληλα η απόκριση του φορέα κατά την σεισμική δόνηση, που διεγείρει τον φορέα, είναι δύσκολο να προβλεφθεί επαρκώς διότι η συμπεριφορά της κατασκευής δεν είναι πλέον ελαστική αλλά έντονα ελαστοπλαστική εμφανίζοντας πλαστικοποιήσεις, ρηγματώσεις ή και θραύσεις σε ορισμένα δομικά στοιχεία.

Τα παραπάνω προβλήματα εισάγουν κατά τον αντισεισμικό σχεδιασμό μεγάλες αβεβαιότητες, οι οποίες επιλύονται με μία σειρά παραδοχών και εκτιμήσεων, ωστόσο, και αυτές με την σειρά τους εμπεριέχουν κάποιον υποκειμενισμό.

Βασικός στόχος ενός ορθού αντισεισμικού σχεδιασμού είναι η αποφυγή κατάρρευσης, όσο ισχυρός και αν είναι ο σεισμός, η μείωση των μετακινήσεων καθώς και η όσο το δυνατό συντομότερη επαναφορά στην αρχική ισορροπία. Το παραπάνω τρίπτυχο εξασφαλίζεται με τον **ισότιμο ορισμό της αντοχής και ευστάθειας με την επαρκή δυσκαμψία καθώς και με την εξασφάλιση επαρκούς πλαστιμότητας του φορέα.** Έτσι, οι σύγχρονοι αντισεισμικοί κανονισμοί, όπως και ο ισχύων κανονισμός της χώρας μας, ορίζουν απαιτήσεις και κριτήρια για την αποφυγή κατάρρευσης του κτιρίου, για τον περιορισμό των βλαβών σε δομικά στοιχεία του φορέα υπό τον σεισμό σχεδιασμού, καθώς και εξασφάλιση ελάχιστης στάθμης λειτουργιών ανάλογα με τη χρήση και την σπουδαιότητα του δομήματος.

Λαμβάνοντας υπόψη τις μεγάλες αβεβαιότητες που υπεισέρχονται στον σχεδιασμό και πέραν των υπολογιστικών μοντέλων, όσο ακριβή και αν είναι αυτά, πρωτίστως, θα πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη σημασία στην ορθή διαμόρφωση του δομικού συστήματος .

Βασικός σκοπός είναι η εξασφάλιση ενός ελαστοπλαστικού μηχανισμού με όσο το δυνατό προβλέψιμη συμπεριφορά, δηλαδή δημιουργία παραμορφώσεων (πλαστικοποιήσεων, ρηγματώσεων) σε προκαθορισμένες, εκ των προτέρων, θέσεις συγκεκριμένων δομικών στοιχείων. Ο έλεγχος της απόκρισης του φορέα είναι δυνατό να επιτευχθεί με τον συνδυασμό των παρακάτω :

- Σχεδιαστικά, με τη χρήση του ικανοτικού σχεδιασμού, δημιουργώντας ζώνες οι οποίες θα παραμείνουν στο ελαστικό στάδιο, κατά την ισχυρή σεισμική διέγερση του φορέα, καθώς και συγκεκριμένες περιοχές στις οποίες θα αναπτυχθούν παραμορφώσεις (πλαστικές αρθρώσεις). Με την βοήθεια των ικανοτικών κριτηρίων αναπτύσσεται ο μηχανισμός <<ισχυρό υποστύλωμα – ασθενής δοκός>>, σχηματίζοντας πλαστικές αρθρώσεις στις δοκούς και στην βάση των υποστυλωμάτων ισογείου, στην περίπτωση πλαισιακών συστημάτων, ενώ στην περίπτωση μικτών συστημάτων στις δοκούς και στην βάση των τοιχίων και των υποστυλωμάτων
- Κατασκευαστικά, με την κατάλληλη διαμόρφωση του δομικού συστήματος καθώς και την κατάλληλη μόρφωση των δομικών στοιχείων. Η σύνθεση του φέροντος οργανισμού θα πρέπει να είναι όσο το δυνατό απλούστερη, με σαφή ροή των δυνάμεων από την ανωδομή προς την κατωδομή και το έδαφος θεμελίωσης, ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να δημιουργούνται στο σώμα του φέροντος οργανισμού πολλαπλές ζώνες απορρόφησης της σεισμικής ενέργειας, με αποφυγή συγκέντρωσης των βλαβών σε ένα μόνο όροφο (π.χ. μαλακός όροφος). Επιπρόσθετα, για την καλύτερη λειτουργία του φορέα συνιστάται η δημιουργία φορέων με αυξημένη

υπερστατικότητα (αύξηση του αριθμού των στήλων, ορθή μόρφωση των κόμβων, μείωση του αριθμού των αρμών διαστολής κ.τ.λ.), η μόρφωση του φορέα σε κάτοψη να είναι όσο το δυνατόν πιο κλειστού σχήματος και συμμετρική (χρήση τοιχίων, διάταξη των πιο άκαμπτων στοιχείων στην περίμετρο κ.α.), αποφυγή απότομης αλλαγής της ακαμψίας και μάζας από τον ένα όροφο στον άλλον (τοποθέτηση των μεγάλων μαζών όσο το δυνατό χαμηλότερα, ισοκατανομή ακαμψιών μεταξύ ισογείου και πρώτου ορόφου), αποφυγή εξαιρετικά μικρών ανοιγμάτων (κοντά υποστυλώματα, δοκοί σε ισχυρή διάτμηση κ.α.). Ωστόσο, χωρίς την σωστή όπλιση των δομικών στοιχείων που συνθέτουν τον φορέα είναι αδύνατη η ανάπτυξη ενός ανελαστικού μηχανισμού. Έτσι, λοιπόν, θα πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη σημασία στην μόρφωση των διατομών με χρήση κλειστών συνδετήρων, πύκνωση των συνδετήρων στις κρίσιμες περιοχές και στις ενώσεις με παράθεση των διαμήκων ράβδων, εξασφάλιση του κατάλληλου μήκους αγκύρωσης και της ορθής διαμόρφωσης του οπλισμού (άγκιστρα, καμπύλωση) .

Κάτω από άλλη θεώρηση, για την επίτευξη ενός ορθού αντισεισμικού σχεδιασμού είναι απαραίτητη η διασφάλιση όλων των στοιχείων που συνθέτουν την κατασκευή. Πιο συγκεκριμένα, για την εξασφάλιση ενός αξιόπιστου μηχανισμού απόκρισης, όπως αυτός προβλέπεται κατά τον σχεδιασμό του, είναι αναγκαία η **διασφάλιση της ποιότητας των υλικών** (μηχανικά χαρακτηριστικά, ολκιμότητα χάλυβα, σύνθεση σκυροδέματος, κ.α.), η **ορθή επίβλεψη του φέροντος οργανισμού** καθώς και η **σωστή κατασκευή**, με ιδιαίτερη προσοχή στις κατασκευαστικές λεπτομέρειες των δομικών στοιχείων (σωστή εκτέλεση όπλισης κόμβων, δοκών, υποστυλωμάτων, σωστή εκτέλεση συγκολλήσεων κ.α.) και του οργανισμού πλήρωσης. **Με την βοήθεια των κατάλληλων υλικών, επίβλεψης, και κατασκευής μειώνονται ακόμη περισσότερο οι αβεβαιότητες που υπεισέρχονται στα υπολογιστικά μοντέλα, με άμεσο αποτέλεσμα την καλύτερη συμπεριφορά του φορέα σε σεισμικές δράσεις μεγαλύτερες από αυτές για τις οποίες έχει σχεδιαστεί.**

3. ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Ένας από τους βασικότερους παράγοντες που είναι δυνατό να επηρεάσουν την τρωτότητα ενός κτιρίου σε επίπεδο υλικού, κατά την διάρκεια ισχυρής σεισμικής δόνησης είναι η ποιότητα του σκυροδέματος. Τούτο σημαίνει ότι είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός κανονισμού η εφαρμογή του οποίου θα περιορίσει, ως ένα βαθμό, την επιρροή του παράγοντα ποιότητα σκυροδέματος στην τρωτότητα του φέροντος οργανισμού. Έτσι, μετά την πρώτη θεσμοθέτηση Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος το 1985, μια νέα αναβάθμισμένα έκδοση παρουσιάστηκε το 1997 (ΚΤΣ '97). Ο νέος κανονισμός τεχνολογίας σκυροδέματος, που ισχύει πλέον στην χώρα μας, πραγματεύεται τα παρακάτω θέματα :

- Προδιαγραφές για τα υλικά σύνθεσης του σκυροδέματος (αδρανή, τσιμέντο, νερό, πρόσθετα).
- Τη σύνθεση του σκυροδέματος
- Προδιαγραφές για την ορθή ανάμιξη, μεταφορά, διάστρωση, συμπύκνωση και συντήρηση του σκυροδέματος.
- Προδιαγραφές για τον χρόνο αφαίρεσης του ξυλότυπου.
- Προδιαγραφές για ειδικές περιπτώσεις σκυροδεμάτων και διαστρώσεων όπως σκυροδέματα μειωμένης υδατοπερατότητα, σκυροδέματα μέσα σε νερό ή στη θάλασσα κ.α.
- Προδιαγραφές για τις δειγματοληψίες και τους ελέγχους συμμόρφωσης.
- Προδιαγραφές για επανέλεγχο σε σκληρυμένο σκυρόδεμα.
- Διατάξεις αναφορικά με τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες και τις υποχρεώσεις των μηχανικών.

Η διεξοδική ανάλυση του ΚΤΣ-97 δεν αποτελεί στόχο του άρθρου, ωστόσο, στην συνέχεια θα παρουσιαστούν μερικά θέματα ιδιαίτερης σημασίας για τους μηχανικούς, ορισμένα από τα οποία αποτελούν διαφοροποίηση από τον ΚΤΣ-85 :

- Καθιερώνεται νέα σειρά κατηγοριών σκυροδέματος, όπως φαίνεται στον πίνακα 1, όπου ο πρώτος αριθμός χαρακτηρίζει τη χαρακτηριστική αντοχή κυλίνδρου, ενώ ο δεύτερος τη χαρακτηριστική αντοχή κύβου σε MPa.
- Καθιέρωση νέου τρόπου παραγγελίας / παραλαβής του σκυροδέματος, κατά τον οποίο εκτός από την κατηγορία θα πρέπει να ορίζονται :
 - η κατηγορία εργασιμότητας (κάθιση), πίνακας 2
 - ο τύπος και η περιεκτικότητα του τσιμέντου, πίνακας 3
 - χρόνος φόρτωσης – εκφόρτωσης (συνολικά λιγότερο από 2 ώρες).
- Στην περίπτωση χρήσης βελτιωτικών στο σκυρόδεμα πρέπει να εφαρμόζονται λεπτομερώς οι οδηγίες χρήσης του προμηθευτή, ενώ παράλληλα η χρησιμοποίηση πρόσθετων στο σκυρόδεμα θα πρέπει να προδιαγράφεται από την μελέτη. Γενικά τα πρόσθετα σκυροδέματος, ανάλογα με την δράση τους, διακρίνονται σε:
 - Ρευστοποιητικά, για την αύξηση της εργασιμότητας, χωρίς την πρόσθετη εισαγωγή νερού. Η ποσότητα ρευστοποιητικού που πιθανός θα απαιτηθεί στο έργο, εκτιμάται με ευθύνη του εργοστασίου παραγωγής σκυροδέματος.
 - Επιβραδυντικά, για την επιβράδυνση της πήξης του νωπού σκυροδέματος.
 - Επιταχυντικά, για την αύξηση της πήξης και της σκλήρυνσης του σκυροδέματος. Πρέπει να αποφεύγεται η χρήση χλωριούχου ασβεστίου σε κατασκευές από προεντεταμένο σκυρόδεμα,

υπόγεια, σκυρόδεμα που θα υποστεί θερμική επεξεργασία, ενώ για το οπλισμένο σκυρόδεμα επιτρέπεται η χρήση του κάτω από προϋποθέσεις.

- Στεγανωτικά, για την μείωση της υδροπερατότητας.

- Αερακτικά, για την αύξηση της εργασιμότητας και της αντοχής σε παγετό.

• Η σωστή διάστρωση, συμπύκνωση και συντήρηση του σκυροδέματος έχει ως αποτέλεσμα την απόκτηση της μέγιστης προβλεπόμενης θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος, την ανάπτυξη συνάφειας μεταξύ σκυροδέματος και οπλισμού καθώς επίσης και την αύξηση της αντοχής στο χρόνο.

Όσον αφορά την διάστρωση θα πρέπει να αποφεύγεται :

- η ελεύθερη πτώση του σκυροδέματος από ύψος μεγαλύτερο των 2,5m για κατακόρυφα στοιχεία και 1.0 m για τα οριζόντια δομικά στοιχεία.

- η διάστρωση ολόσωμων πλακών σε δύο στρώσεις, εφόσον το πάχος των πλακών δεν υπερβαίνει τα 60cm.

- ο διαχωρισμός και η απόμιξη.

Όσον αφορά την συμπύκνωση :

- είναι αναγκαία η χρήση δονητή, εκτός περιπτώσεων όπου η κάθιση είναι μεγαλύτερη από 20cm και το πάχος του στοιχείου είναι μικρό, μετά από ειδική έγκριση.

- το είδος και ο αριθμός των δονητών εξαρτάται από την μορφή του στοιχείου. Ανάλογα με την κάθιση του σκυροδέματος απαιτούνται περίπου 5-10sec δόνησης σε κάθε θέση και δύο τουλάχιστον δονητές.

- επαναδόνηση του σκυροδέματος επιτρέπεται μόνο όταν το σκυρόδεμα είναι αρκετά πλαστικό.

Όσον αφορά την συντήρηση :

- είναι υποχρεωτική για κάθε έργο. Δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από 7 ημέρες, και γίνεται με πλημμύρισμα ή κατάβρεγμα με νερό, επικάλυψη με λινάτσες που θα διατηρούνται συνεχώς υγρές, ψεκασμό με ειδικά υγρά.

• Το σωστό πάχος επικάλυψης των δομικών στοιχείων , καθώς και η συγκράτηση του οπλισμού στην σωστή θέση επιτυγχάνεται με την χρήση αποστατών. Έτσι, διασφαλίζεται η συνάφεια χάλυβα-σκυροδέματος, η σωστή στατική λειτουργία του δομικού στοιχείου, καθώς και η προστασία του οπλισμού από οξειδωση.

Στον πίνακα 4 αναφέρονται τα δικαιώματα και οι υποχρεώσεις σύμφωνα με τον ΚΤΣ-97 για την διασφάλιση της ποιότητας του σκυροδέματος στο εργοτάξιο.

4. ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΑ

Ο χάλυβας οπλισμού σκυροδέματος, με την ιδιότητα του ως όλκιμου υλικού, αποτελεί την σημαντικότερη προϋπόθεση ανάπτυξης της πλαστιμότητας στα δομικά στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος. Συνεπώς, η ολκιμότητα του χάλυβα, επηρεάζει στο μέγιστο βαθμό την ανάπτυξη ενός αξιόπιστου ανελαστικού μηχανισμού.

Είναι φανερό ότι η μειωμένη ολκιμότητα, σε επίπεδο υλικού, θα προκαλέσει μείωση της πλαστιμότητας των δοκών, υποστυλωμάτων, τοιχίων και τελικά μείωση της μετελαστικής ικανότητας του δομικού συστήματος στο σύνολο.

Ως εκ τούτου, κρίνεται απαραίτητος ένας κανονισμός για την διασφάλιση της ολκιμότητας και εν γένει της ποιότητας του χάλυβα, οπλισμού σκυροδέματος. Σήμερα στην Ελλάδα δεν υπάρχει ένας πλήρης κανονισμός, ωστόσο, έχει κατατεθεί σχέδιο για τον «Κανονισμό Τεχνολογίας Χαλύβων, (Κ.Τ.Χ), οπλισμού σκυροδέματος, από έγκριτους Έλληνες επιστήμονες. Ταυτόχρονα βέβαια, είναι αναγκαία και η δημιουργία ενός «Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων Προτύπων Διατομών» (Κ.Τ.Χ-Π.Δ) για μεταλλικά και σύμμεικτα δομικά στοιχεία. Ωστόσο, στην περίπτωση αυτή δεν έχει γίνει κάτι ανάλογο.

Όσον αφορά το σχέδιο του Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος, τα κύρια κεφάλαια του είναι :

- Η ταξινόμηση των χαλύβων (Διάκριση, κατηγορίες, μορφές, σήμανση)
- Τα χαρακτηριστικά των χαλύβων (γεωμετρικά, μηχανικά, φυσικά, χημικά) καθώς και η συγκόλλησιμότητά τους.
- Η διάβρωση τους.
- Οι διαδικασίες ελέγχου, τα κριτήρια συμμόρφωσης και οι εργαστηριακοί έλεγχοι (κάμψης, ορίου διαρροής, κ.α.)
- Η διακίνηση του (αποθήκευση, μεταφορά, παραγγελία κ.α.)
- Η διαμόρφωση και η κατεργασία (κοπή, κάμψη, συγκόλληση, κ.α.)
- Η τοποθέτηση των οπλισμών (ενώσεις, αγκυρώσεις, κ.τ.λ.)

Σύμφωνα με τα νέα πρότυπα καθορίζονται τρεις κατηγορίες χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος με βάση την χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής, ήτοι οι κατηγορίες **S200**, **S400**, **S 500** και **S 400s**, **S 500s**. Ο δείκτης (s) υποδηλώνει ότι η συγκεκριμένη κατηγορία είναι συγκολλησίμη, ενώ χωρίς τον δείκτη συγκολλησίμη υπό προϋποθέσεις. Έχει πλέον καταργηθεί η παλιά ονοματολογία με τους χάλυβες St I, St II, St IV. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των νέων χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος παρουσιάζονται στον πίνακα 5, σύμφωνα με τα πρότυπα του ΕΛΟΤ-959,971.

Ωστόσο, ιδιαίτερη σημασία, για την ανάπτυξη ενός ανελαστικού μηχανισμού, θα πρέπει να δίδεται στον δείκτη κράτνσης, f_t/f_y , την μήκυνση, $\epsilon_{u,k}$, καθώς και στον δείκτη μεταβλητότητας του ορίου διαρροής, $f_{y,act} / f_{y,nom}$. Ο δείκτης κράτνσης και η μήκυνση, γενικώς, διασφαλίζουν την πλαστιμότητα των στοιχείων, ενώ ο δείκτης μεταβλητότητας του ορίου διαρροής εξασφαλίζει τον προβλεπόμενο, κατά τον σχεδιασμό, μηχανισμό απορρόφησης της σεισμικής ενέργειας. **Πρέπει να κατανοηθεί ότι η απρόβλεπτη αύξηση του ορίου διαρροής f_y , λόγω αδυναμίας ακριβούς προσδιορισμού της τιμής του f_y , προκαλεί μείωση της πλαστιμότητας, ενώ αντίθετα η απρόβλεπτη αύξηση της αντοχής, f_t , δρα ευεργετικά στην αντοχή του φορέα.** Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψη ότι ο αντισεισμικός σχεδιασμός βασίζεται στην πλαστιμότητα, θα πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη σημασία έτσι ώστε όταν η μελέτη γίνεται για ποιότητα χάλυβα π.χ S 400 να μην χρησιμοποιείται στο εργοτάξιο άλλη ποιότητα χάλυβα, π.χ. S 500, διότι έτσι, παρά την αύξηση της αντοχής είναι αδύνατος ο σχηματισμός μηχανισμού απορρόφησης της σεισμικής ενέργειας.

Στον πίνακα 6 παρουσιάζονται οι ειδικές απαιτήσεις χαλύβων για την δημιουργία αυξημένης πλαστιμότητας στα δομικά στοιχεία, σύμφωνα με τους σύγχρονους κανονισμούς. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι Ευρωκώδικες (EC-2, EC-8), προς τους οποίους τείνουν και οι Ελληνικοί κανονισμοί, διακρίνουν τους χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος, σε υψηλής και συνήθους ολκιμότητας. Συνδυάζοντας το γεγονός ότι τόσο στην Ελληνική όσο και στην Ευρωπαϊκή αγορά έχει επικρατήσει η χρήση του χάλυβα S 500 ή S 500s, φαίνεται ότι προς αυτή την κατεύθυνση θα δημιουργηθεί χάλυβας S 500s ή S 500 υψηλής και συνήθους ολκιμότητας. Έτσι θα γίνει ευκολότερη και η αναγνώριση των χαλύβων στο εργοτάξιο, διότι σήμερα επικρατεί κάποια σύγχυση στην σήμανση και διάκριση της κατηγορίας.

Η συγκόλληση των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος, επίσης, αποτελεί θέμα ιδιαίτερης σημασίας, διότι κατά την διάρκεια του θερμικού κύκλου συγκόλλησης είναι δυνατό να δημιουργηθούν τάσεις και παραμορφώσεις ή ακόμη και αλλαγή στην χημική σύνθεση. Γενικά, οι συγκολλησιμοι χάλυβες, S 400s, S 500s, συνδέονται σταυρωτά, με παράθεση ή μετωπικά με την χρήση των βασικών μεθόδων συγκόλλησης (σημειακά με ηλεκτρική αντίσταση, ημιαυτόματη σε προστατευτική ατμόσφαιρα CO₂/Ar/MAG, κ.α.). Απαγορεύεται η συγκόλληση με φλόγα οξυγόνου ή με σφυρηλάτηση. Επιπρόσθετα, μεταβολή των χαρακτηριστικών του χάλυβα είναι δυνατό να επιφέρει η διαμόρφωση και η κατεργασία του στο εργοτάξιο ή στην μάντρα. Η κοπή πρέπει να γίνεται με ψαλίδι ή δίσκο και όχι με φλόγα. Η κάμψη των ράβδων οπλισμού πρέπει να ακολουθεί τις διατάξεις τυμπάνου (π.χ. για σίδερα δοκών $\Phi < 20\text{mm}$ $D=5\Phi$), έτσι ώστε να αποφεύγεται η ρηγμάτωση της ράβδου και η μείωση της ολκιμότητας, λόγω

μείωσης της διαθέσιμης παραμόρφωσης θραύσης. Παράλληλα πρέπει να κατασκευάζονται και τα κατάλληλα άγκιστρα στα άκρα των οπλισμών (π.χ ημικυκλικά άγκιστρα με γωνία 135^0).

5. ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ

Κατά τον αντισεισμικό σχεδιασμό ισχύει η λαϊκή ρήση ότι «το πάθημα έγινε μάθημα». Μετά από κάθε ισχυρό σεισμό αναδεικνύονται τα λάθη και οι εσφαλμένες εκτιμήσεις ή παραδοχές, εν τούτοις, από την αποκτηθείσα εμπειρία γινόμαστε σοφότεροι, σχεδιάζοντας καλύτερα. Εδώ όμως ισχύει και η ρήση του Σωκράτη «όσο ζω μαθαίνω». Έτσι και ο αντισεισμικός κανονισμός, ο οποίος βασίζεται στα διδάγματα και τις εμπειρίες των προηγούμενων σεισμών, εξελίσσεται.

Μετά τον σεισμό του 1953 στα Ιόνια Νησιά, με περίπου 450 θύματα και ισοπεδωτική δράση, έγινε πλέον συνείδηση στην χώρα μας η ανάγκη ενός κανονισμού . Ο πρώτος αντισεισμικός κανονισμός θεσμοθετήθηκε το 1959. Πέρασαν περίπου εικοσιπέντε χρόνια για την μερική αναβάθμιση, προσθέτοντας κάποιες νέες διατάξεις, στον κανονισμού του '59, με ερέθισμα τον σεισμό της Θεσσαλονίκης (1978) και Αλκυονίδων (1981). Με αφορμή τον σεισμό των Γρεβενών και του Αιγίου το 1995 θεσμοθετείται ο Νέος Αντισεισμικός Κανονισμός (NEAK), συγχρόνως λαμβάνοντας υπόψη την τρέχουσα επιστημονική γνώση. Ωστόσο στην Ελλάδα είναι γνωστό ότι «τα παθήματα γίνονται κάπως αργά μαθήματα». Ακολουθώντας την ίδια πορεία, μετά τον σεισμό των Αθηνών έγινε αναθεώρηση του **NEAK 95 σε EAK 2000** με την εισαγωγή νέων διατάξεων. Προσδοκάται ότι στην συνέχεια θα γίνεται αναθεώρηση ανά 3 έως 5 χρόνια με την ενσωμάτωση νέας τεχνογνωσίας, χωρίς την αφορμή κάποιου σεισμικού γεγονότος.

Γενικά, η φιλοσοφία των σημερινών κανονισμών βασίζεται στην υπόθεση ότι ο φορέας διαθέτει ένα δυναμικό το οποίο είναι ικανό να απορροφήσει την εισαγόμενη σεισμική ενέργεια, διάμεσο των ανελαστικών παραμορφώσεων, επιτρέποντας έναν ελαστικό υπολογισμό με μειωμένες δυνάμεις. Η παραπάνω υπόθεση διασφαλίζεται μέσω της πλαστιμότητας. Έτσι, με την χρήση της πλάστιμης ικανότητας των δομικών στοιχείων επιτυγχάνεται ισορροπία μεταξύ της ασφάλειας του κτιρίου και του κόστους κατασκευής. Ωστόσο, με την παραδοχή του πλάστιμου σχεδιασμού οι βλάβες κατά την διάρκεια ενός ισχυρού σεισμού είναι αποδεκτές, όχι όμως και η ολική κατάρρευση του φορέα. Στην συνέχεια παρουσιάζονται και σχολιάζονται συνοπτικά οι βασικές αρχές και κάποιες τροποποιήσεις και ελλείψεις του EAK 2000 :

- Η βασική φιλοσοφία του NEAK, κατά την οποία εισάγεται ο πλάστιμος σχεδιασμός για την αποφυγή κατάρρευσης παραμένει και στον EAK 2000. Πρέπει να σημειωθεί ότι για την εξασφάλιση εν γένει της πλαστιμότητας εκτός των κριτηρίων και ελέγχου του κανονισμού είναι αναγκαίο να υπάρχει διασφάλιση της ποιότητας των υλικών, της μελέτης – επίβλεψης, καθώς και της κατασκευής.

- Εισάγεται απ' ευθείας στις εξισώσεις των φασμάτων σχεδιασμού ο διορθωτικός συντελεστής για ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης, ζ , ανάλογα με το βασικό δομικό υλικό σύνθεσης του φορέα.
- Για τον συντελεστή συμπεριφοράς q διευκρινίζεται ότι οι τιμές του ισχύουν υπό την βασική προϋπόθεση ότι για τον σεισμό σχεδιασμού έχουμε έναρξη διαρροής του συστήματος (σχηματισμός πρώτης πλαστικής άρθρωσης). Στην περίπτωση επιθυμητής ελαστικής συμπεριφοράς η τιμή του q είναι 1.0.
- Εισάγονται δείκτες συμπεριφοράς για κατασκευές από ξύλο, ενώ για τις μεταλλικές κατασκευές δεν καθορίζονται τιμές για μικτά συστήματα ή με πυρήνα από σκυρόδεμα, προβόλους ή ανεστραμμένου εκκρεμούς.
- Καταργείται το κριτήριο κανονικότητας που βασίζεται στον συντελεστή ξ . Στον ΕΑΚ 2000 η κανονικότητα ενός κτιρίου ορίζεται με την εξασφάλιση της διαφραγματικής λειτουργίας και την καθ' ύψος κανονικότητα (περιορισμένη μεταβολή καθ' ύψος της δυσκαμψίας και μάζας).
- Αναβαθμίζεται η ισοδύναμη στατική μέθοδος (απλοποιημένη φασματική μέθοδος) με την εισαγωγή της έννοιας του πλασματικού ελαστικού άξονα και των ισοδύναμων στατικών εκκεντροτήτων, εκτός από τις τυχηματικές εκκεντρότητες. Ο πλασματικός ελαστικός άξονας είναι εκείνη η κατακόρυφη ευθεία από την οποία διερχόμενα τα οριζόντια σεισμικά φορτία προκαλούν την μικρότερη στρεπτική καταπόνηση. Με την βοήθεια του πλασματικού άξονα ορίζονται οι πλασματικές κύριες διευθύνσεις για τα πολύωροφα κτίρια, δημιουργώντας έτσι, τις απαραίτητες προϋποθέσεις για τον καθορισμό της διεύθυνσης των ισοδύναμων στατικών φορτίων. Παράλληλα εισάγεται η μέθοδος χωρικής επαλληλίας για την εύρεση της πιθανής τιμής του εκάστοτε μεγέθους απόκρισης. Γενικά, η συγκεκριμένη τροποποίηση αυξάνει την αξιοπιστία της μεθόδου αλλά καθίσταται πιο κοπιώδης, ενώ είναι αναγκαία η χρήση λογισμικών πακέτων.
- Η δυναμική φασματική μέθοδος δεν τροποποιήθηκε ουσιαστικά, εν τούτοις, δεν ορίζεται πλέον ο προσανατολισμός της σεισμικής δράσης, και ταυτόχρονα βελτιώθηκε η μεθοδολογία επαλληλίας για τον καθορισμό των πιθανών ακραίων τιμών τυχόντος μεγέθους απόκρισης καθώς και της ταυτόχρονης τιμής ενός άλλου μεγέθους απόκρισης, λαμβάνοντας υπόψη την συσχέτιση των ιδιόμορφων.
- Ο υπολογισμός της κατακόρυφης συνιστώσας δεν τροποποιήθηκε παρά μόνο δόθηκαν κάποιες διευκρινήσεις για τον καθορισμό των εντατικών μεγεθών. Εν τούτοις, η επιρροή της κατακόρυφης συνιστώσας λαμβάνεται υπόψη με ένα τρόπο πολύ γενικό.
- Στον υπολογισμό των προσαρτημάτων αναθεωρήθηκε ο σεισμικός συντελεστής ε .

- Ο υπολογισμός της επιρροής φαινομένων 2ας τάξεως δεν αλλάζει ουσιαστικά παρά μόνο ο δείκτης σχετικής μεταθετότητας, θ , δεν πρέπει πλέον να υπερβαίνει την τιμή 0.20, έναντι 0.30 κατά τον ΝΕΑΚ.
- Στις περιπτώσεις όπου ο συντελεστής συμπεριφοράς q δεν υπερβαίνει τις τιμές 1.5 ή $q/2$ δεν απαιτούνται πλέον ικανοτικοί έλεγχοι. Η συγκεκριμένη διάταξη μπορεί να αποβεί ευεργετική για την διαστασιολόγηση των φορέων μονώροφων μεταλλικών βιομηχανικών κτιρίων.
- Αυξάνεται ο συντελεστής επάρκειας η ν τοιχωμάτων από 0.40, στον ΝΕΑΚ, σε 0.60. Με την αύξηση των τοιχωμάτων μειώνεται η επιρροή της στρέψης και σχηματισμού μαλακού ορόφου, ωστόσο ο φορέας γίνεται περισσότερο δύσκαμπτος με αποτέλεσμα την απαίτηση μεγαλύτερης πλαστιμότητας. Για την διασφάλιση του μετελαστικού μηχανισμού θα πρέπει να ακολουθούνται πιστά οι κανόνες διαμόρφωσης και όπλισης, έτσι ώστε να υπάρχει ισορροπία μεταξύ της διαθέσιμης και της απαιτούμενης πλαστιμότητας.

Τροποποίηση έγινε και στον ορισμό της κατάλληλης διάταξης των τοιχωμάτων για την αποφυγή φαινομένων στρεπτικής παραμόρφωσης.

- Επιβάλλεται πλέον υποχρεωτική κατασκευή τοιχωμάτων σε όλα τα κτίρια με πυλωτή ή ισόγεια καταστήματα χωρίς τοιχοπληρώσεις.
- Ουσιαστική αναθεώρηση επήλθε στο κεφάλαιο, γενικά, των θεμελιώσεων. Εισάγεται πλέον ο έλεγχος έναντι οριακών καταστάσεων, σύμφωνα με την φιλοσοφία του EC-7, επιβάλλεται έλεγχος γενικής ευστάθειας του κτιρίου όταν εδράζεται κοντά σε τεχνικά ή φυσικά πρανή, καθώς και η αναγκαιότητα εδαφοτεχνικής μελέτης στις περιπτώσεις όπου είναι αδύνατη η εκτίμηση των εδαφομηχανικών χαρακτηριστικών από τον μελετητή.

Σχολιάζοντας τον ΕΑΚ 2000, πρέπει να σημειωθεί ότι ουσιαστικά ο κανονισμός αντιμετωπίζει κυρίως τις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα, ενώ αγνοεί προβλήματα των μεταλλικών κατασκευών. Οι βασικές αλλαγές στην ανάλυση του δομικού συστήματος καθώς και στον υπολογισμό των θεμελιώσεων θα επιφέρουν αλλαγές και στο λογισμικό των στατικών προγραμμάτων.

6. ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Το φαινόμενο του σεισμού αποτελεί ένα πολυπαραμετρικό πρόβλημα με την επίδραση πολλών και ανεξάρτητων μεταξύ τους παραγόντων. Για την καλύτερη εκτίμηση των σεισμικών δράσεων είναι αναγκαία η λεπτομερής καταγραφή της σεισμικότητας καθώς και των εδαφολογικών συνθηκών της περιοχής. Προς αυτή την κατεύθυνση, για την μετρίαση των αβεβαιοτήτων του αντισεισμικού σχεδιασμού και την αύξηση της αντισεισμικής προστασίας

των κτιρίων, είναι **απαραίτητη η σύνταξη μικροζωνικών μελετών**. Οι συγκεκριμένες μελέτες περιέχουν στοιχεία όπως :

- Αναλυτική πληροφόρηση για την πρόσφατη και προϋπάρχουσα σεισμικότητα της περιοχής.
- Γεωλογικά και γεωτεχνικά δεδομένα
- Διαμόρφωση ζωνών με διαφορετικά γεωμηχανικά χαρακτηριστικά.
- Διαμόρφωση ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας.

Η πραγματοποίηση των μικροζωνικών μελετών αποτελεί μια ιδιαίτερη και πολυσύνθετη προσπάθεια διότι απαιτεί την συνεργασία πολλών ειδικοτήτων, τα αποτελέσματα της έχουν πολλαπλούς χρήστες και αποδέκτες. Κρίνεται, λοιπόν, αναγκαία η δημιουργία ενός πλαισίου προδιαγραφών για την σύνταξη των μικροζωνικών μελετών, έτσι ώστε με την γνώση των εδαφικών και σεισμολογικών στοιχείων να διασφαλιστούν οι κατασκευές αλλά παράλληλα και η ευρύτερη οικιστική ανάπτυξη μιας περιοχής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αβραμίδης Γ (2000): Σεισμική απόκριση των κατασκευών, Επιστημονική Ημερίδα ΤΕΕ/ΤΚΜ, 11/02/2000.
2. Αναστασιάδης Α. (2000): Επεμβάσεις σε κτίρια με βλάβες από σεισμό, Ένθετο:Υλη & Κτίριο, Τεύχος 47.
3. Ελληνικός Αντισεισμικός Σχεδιασμός (ΕΑΚ-2000) : ΟΑΣΠ.
4. Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΚΤΣ-97) : ΦΕΚ/35/Β/17.04.1997.
5. Σχέδιο Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων (ΚΤΧ) Οπλισμού Σκυροδέματος (1999): Ενημερωτικό Δελτίο ΤΕΕ, Τεύχος 2073.



Η έκκεντρη τοποθέτηση του κλιμακοστασίου οδήγησε, λόγω στρέψης, σε κατάρρευση



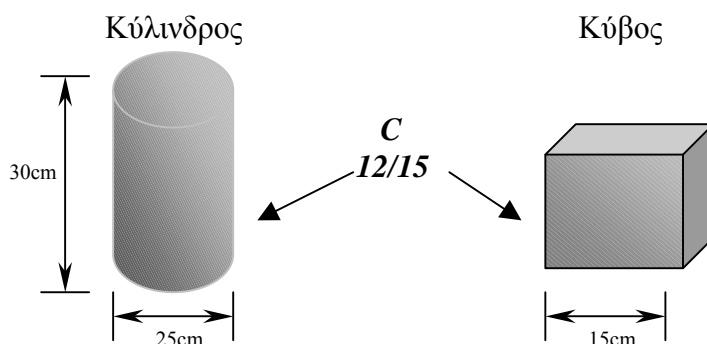
Βλάβες λόγω απότομης μεταβολής της ακαμψίας στα υποστυλώματα

Πίνακας 1. Κατηγορίες σκυροδέματος (ΚΤΣ-97)

Table 1. Concrete classes according to ΚΤΣ-97

Κατηγορίες σκυροδέματος	Κυλίνδρου f_{ck} (MPa)	Κύβου f_{ck} (MPa)
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60

1MPa = 1N/mm² = 10.2 Kp/cm²



Πίνακας 2. Κατηγορία κάθισης (ΚΤΣ-97)

Table 1. Workability classes

Κατηγορία	Κάθιση (mm)
S1	10-40
S2	50-90
S3	100-150
S4	≥160

Πίνακας 3. Ελάχιστη απαίτηση σε περιεκτικότητα τσιμέντου

Table 3. Minimum requirements for cement contents

Χρήση σκυροδέματος	Περιεκτικότητα (Kg/m ³)
Επιχρισμένο	270
Παραθαλάσσιο περιβάλλον	330
Μέσα σε νερό	350
Μειωμένης υδατοπερατότητας	350-400
Μέσα στη θάλασσα	400



Καταστροφικές συνέπειες από τον σχηματισμό μηχανισμού ορόφου



Ούτε η καλή σχετικά όπλιση των διατομών είναι δυνατή να αποτρέψει βλάβες από κακή διαμόρφωση του δομικού συστήματος (π.χ. κοντά υποστυλώματα)

Πίνακας 4. Δικαιώματα και υποχρεώσεις του Μηχανικού σύμφωνα με τον ΚΤΣ-97
Table 4.

Δικαιώματα	ΚΤΣ-97
Ενημέρωση από τον υπεύθυνο μηχανικό του εργοστασίου για την ποιότητα παραγωγής του σκυροδέματος	Παρ. 12.1.1.3
Ενημέρωση για την σύνθεση του σκυροδέματος, εφόσον ζητηθεί από τον αγοραστή	Παρ. 12.1.1.18
Ζήτηση από τον αγοραστή σκυροδέματος δικής του σύνθεσης, και έλεγχος από τον αγοραστή της ύπαρξης εργαστηρίου στο εργοστάσιο παραγωγής σκυροδέματος	Παρ. 12.1.1.19 Παρ. 12.1.1.20
Ζήτηση για αναγραφή στο Δελτίο Αποστολής της ποιότητας εκφραζόμενης σε τόνους και κυβικά μέτρα νωπού συμπακνωμένου σκυροδέματος, χρόνος φόρτωσης, και έναρξη/πέρασ εκφόρτωσης	Παρ. 12.1.1.15 ΕΛΟΤ 346 3.4.2
Υποχρεώσεις	ΚΤΣ-97
Κατά την παραγγελία έτοιμου σκυροδέματος θα πρέπει εκτός της κατηγορίας και ποσότητας να διευκρινίζονται: <ul style="list-style-type: none"> • Κατηγορία κάθισης • Μορφή δοκιμίων • Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου 	Παρ. 12.1.1.16
Γενικές υποχρεώσεις ανάλογα με το έργο	Αρ.15

Πίνακας 5. Μηχανικά χαρακτηριστικά χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος
Table 5. Mechanical properties of steel reinforcing bars

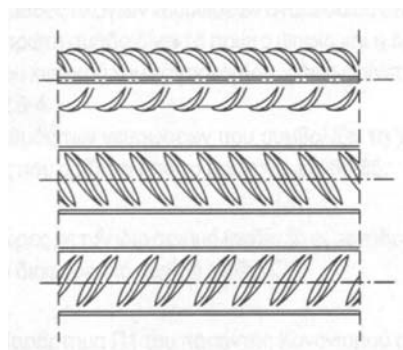
Μέγεθος	Κατηγορία χάλυβα				
	S220	S 400	S500	S 400s	S 500s
Όριο διαρροής, f_y , (MPa)	220	400	500	400	500
Εφελκυστική αντοχή, f_t , (MPa)	340	500	550	440	550
Δείκτης κράτυνσης, f_t / f_y	-	1.05	1.05	1.05	1.05
Επιμήκυνση μετά την θραύση ϵ_s (%)	24	14	12	14	12

Πίνακας 6. Ειδικές απαιτήσεις χαλύβων για εξασφάλιση αυξημένης πλαστιμότητας
Table 6. Special requirements ensuring high ductility

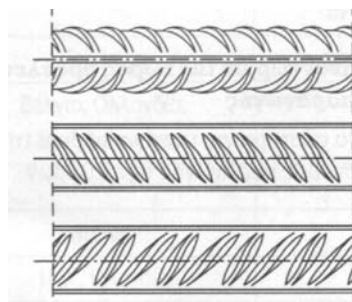
Μέγεθος	Ευρωκώδικας-8 ENV 1998/1994		pr EN 10080 Εκ. 1999	ΝΕΚΩΣ-99 Υπό έκδοση
	Κατασκευές κατηγορίας πλαστιμότητας Y (υψηλή)	Κατασκευές κατηγορίας πλαστιμότητας M (μέση)	Κατηγορία C $f_{yk} = 450$ MPa	
f_t / f_y	$1.20 \leq f_t / f_y \leq 1.35$	$1.15 \leq f_t / f_y \leq 1.35$	$1.15 \leq f_t / f_y \leq 1.35$	$1.10 \leq f_t / f_y \leq 1.40$
$\epsilon_{u,k}$ (%)	≥ 9.0	≥ 6.0	≥ 7.5	≥ 7.0
$f_{y.act.} / f_{y.nom}$	≤ 1.20	≤ 1.25	≤ 1.20	≤ 1.30



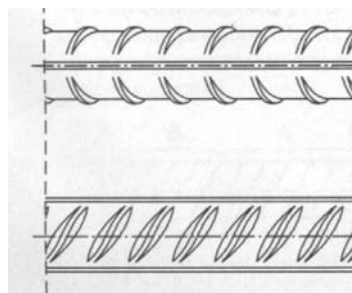
Δοκιμή εργασιμότητας



Μορφή νευρώσεων χάλυβα S400s

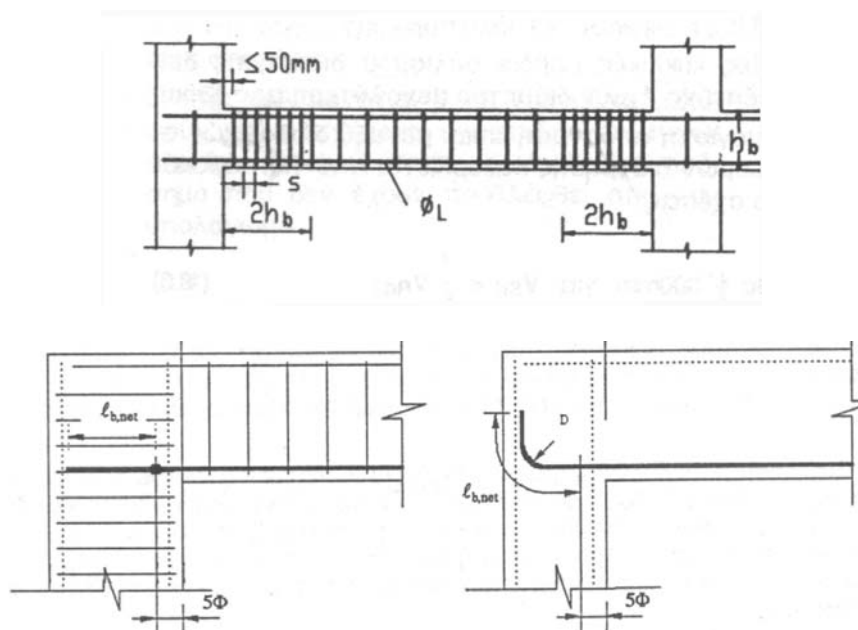


Μορφή νευρώσεων χάλυβα S500s

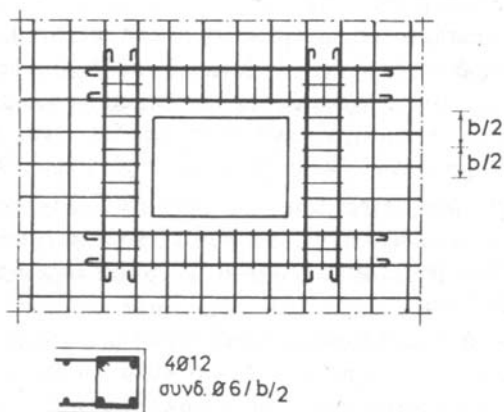
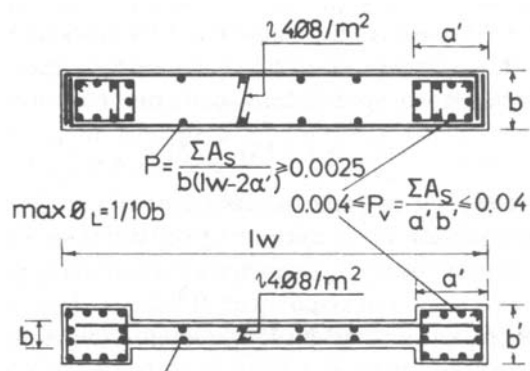


Μορφή νευρώσεων χάλυβα S400 και S 500

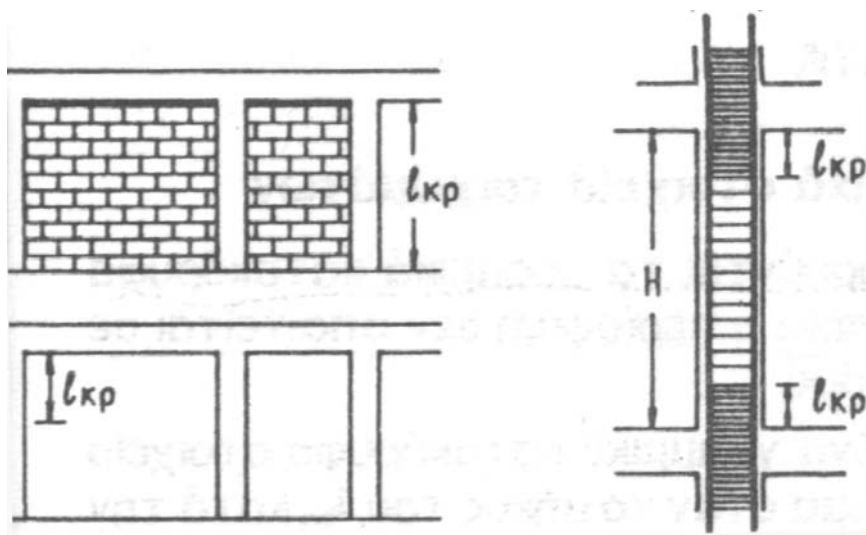
Αναγνώριση του χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος από την μορφή των νευρώσεων



Κατασκευαστική διάταξη οπλισμών δοκού



Κατασκευαστική διάταξη οπλισμών τοιχωμάτων

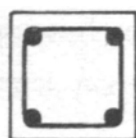


$$l_{cr} = \max (h, H/6, 450\text{mm})$$

l_{cr} – Μήκος κρίσιμης περιοχής

h – Μεγαλύτερη διάσταση διατομής

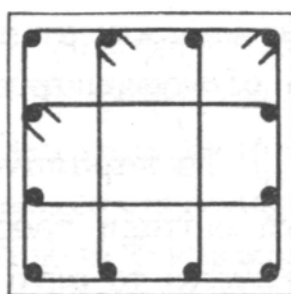
H – Ύψος ορόφου



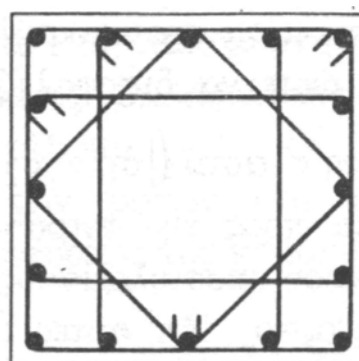
$\leq 25 \times 25$



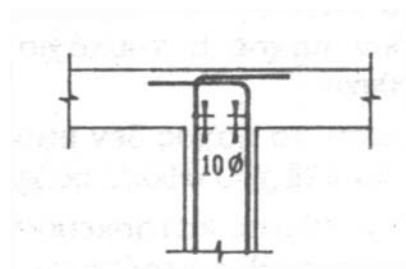
$\leq 50 \times 50$



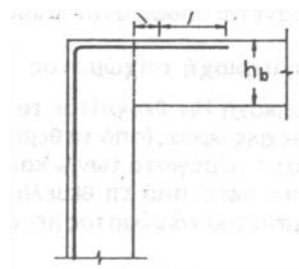
$\leq 70 \times 70$



$\leq 90 \times 90$



Αγκύρωση οπλισμού δε εσωτερικού κόμβου



Αγκύρωση οπλισμού σε γωνιακό κόμβο

Κατασκευαστικές λεπτομέρειες όπλισης υποστυλώματος

Υψηλό & Κτίριο, 2000, Ένθετο Αφιέρωμα, Τεύχος 48, 4-13.



Αστοχία του λόγω ρευστοποίησης του εδάφους θεμελίωσης. Η αναγκαιότητα εδαφοτεχνικών μελετών είναι προφανής.